

WIRING STRUCTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

Patent Number: JP7058203
Publication date: 1995-03-03
Inventor(s): SATA HIROSHI
Applicant(s): SONY CORP
Requested Patent: ☐ JP7058203
Application: JP19930222735
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/768;
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To obtain high reliability without nitriding the surface of an aluminum lower wiring layer on the bottom part of an aperture.

CONSTITUTION: The title wiring structure of a semiconductor device is composed of an aluminum lower wiring layer 12 formed on a board 10, an aperture part 18 formed in the insulating layer 14 located above the aluminum lower wiring layer, and a metal wiring material 20A containing no nitrogen and buried in the aperture part 18. The wiring structure of a semiconductor device is manufactured as follows: an aluminum lower wiring layer 12 is formed on the board 10, an insulating layer 14 is formed on the aluminum lower wiring layer 12, a nitrogen-containing metal compound layer 16 is formed on the insulating layer 14, an aperture 18 is formed in the metal compound layer 16 located above the aluminum lower wiring layer, and the insulating layer 14, and metal wiring material 20A containing no nitrogen is provided in the aperture part 18.

Data supplied from the esp@cenet database - I/2

P-2188

OH-636A
Prior Art 1

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-58203

(43) 公開日 平成7年(1995)3月3日

(51) IntCl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/768 21/3205				
	8826-4M	H 0 1 L 21/ 90	B	
	8826-4M	21/ 88	R	
	8826-4M	H 0 1 L 21/ 88	N	
審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 10 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平5-222735

(22) 出願日 平成5年(1993)8月17日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 佐多 博史

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

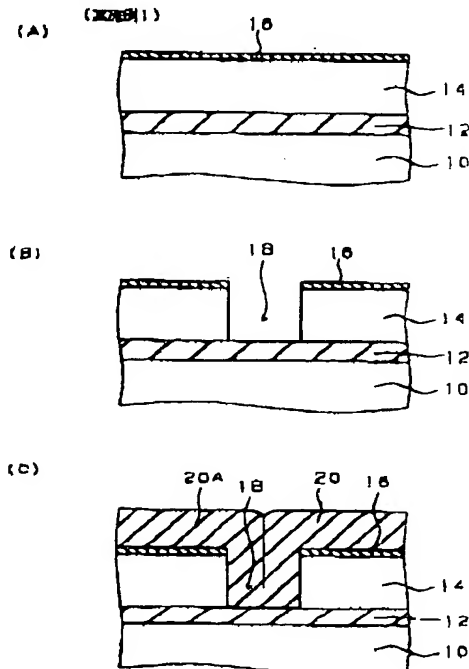
(74) 代理人 弁理士 山本 孝久

(54) 【発明の名称】 半導体装置の配線構造及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 開口部の底部におけるアルミニウム系下層配線層の表面が窒化されることなく、高い信頼性を有する半導体装置の配線構造及びその製造方法を提供する。

【構成】 半導体装置の配線構造は、基体10上に形成されたアルミニウム系下層配線層12と、アルミニウム系下層配線層12上に形成された絶縁層14と、アルミニウム系下層配線層12の上方の絶縁層14に形成された開口部18と、開口部18内に埋め込まれた、窒素を含まない金属配線材料20A、から成る。半導体装置の配線構造の製造方法は、基体10上にアルミニウム系下層配線層12を形成し、アルミニウム系下層配線層12上に絶縁層14を形成し、絶縁層14上に窒素を含む金属化合物層16を形成し、アルミニウム系下層配線層12の上方の金属化合物層16及び絶縁層14に開口部18を形成し、開口部18に窒素を含まない金属配線材料20Aを埋め込む工程から成る。



(2)

特開平07-058203

【特許請求の範囲】

【請求項1】(イ)基体上に形成されたアルミニウム系下層配線層と、

(ロ)アルミニウム系下層配線層上に形成された絶縁層と、

(ハ)アルミニウム系下層配線層の上方の絶縁層に形成された開口部と、

(ニ)開口部内に埋め込まれた、窒素を含まない金属配線材料、

から成ることを特徴とする半導体装置の配線構造。

【請求項2】前記窒素を含まない金属配線材料は、タングステン、アルミニウム、金又は銅であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の配線構造。

【請求項3】前記絶縁層の表面に形成された窒素を含む金属化合物層、及びその上に形成された前記窒素を含まない金属配線材料から成る金属配線材料層の2層構造の上層配線層を更に備えていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の配線構造。

【請求項4】前記窒素を含まない金属配線材料は、タングステン、アルミニウム、金又は銅であり、前記窒素を含む金属化合物層はTiN、TiON、TiWN、WN又はMoNから成ることを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の配線構造。

【請求項5】(イ)基体上にアルミニウム系下層配線層を形成する工程と、

(ロ)アルミニウム系下層配線層上に絶縁層を形成する工程と、

(ハ)窒素を含む金属化合物層を絶縁層上に形成する工程と、

(ニ)アルミニウム系下層配線層の上方の金属化合物層及び絶縁層に開口部を形成する工程と、

(ホ)開口部に窒素を含まない金属配線材料を埋め込む工程、

から成ることを特徴とする半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項6】上記(ホ)の工程は、前記窒素を含む金属化合物層、及び前記窒素を含まない金属配線材料から成る金属配線材料層の2層構造の上層配線層を、前記絶縁層上に形成する工程を更に含むことを特徴とする請求項5に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項7】前記窒素を含む金属化合物層は、TiN、TiON、TiWN、WN又はMoNから成り、前記窒素を含まない金属配線材料は、タングステン、アルミニウム、金又は銅であることを特徴とする請求項5又は請求項6に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、所謂ビヤホールに特徴を有する半導体装置の配線構造及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年のVLSIやULSI等に見られるように半導体装置の高集積化及び高性能化が進むに伴い、半導体装置内で配線部分の占める割合が増大する傾向にある。それ故、半導体素子面積の増加を防止するために多層配線が必須の技術となっている。半導体装置においては、金属配線材料が埋め込まれたビアホールが多層配線層間を接続するために形成されている。

【0003】次世代以降の超々LSI等の半導体集積回路においては、その微細化、高集積化が著しく進められる。そのため、ビアホールの開口径は、例えば0.35μmというように益々小さくなりつつある。このように開口径が小さくなるに従い、従来のアルミニウムあるいはアルミニウム合金(以下、A1系合金という)を用いたスパッタ法では、段差被覆性(ステップカバレッジ)の点から、高信頼性を有するビアホールを形成することが不可能になってきている。

【0004】即ち、A1系合金を用いたスパッタ法においては、開口部のアスペクト比が高くなるに従い、A1系合金から成るスパッタ粒子が所謂シャドウイング効果によって開口部底部あるいはその近傍の開口部側壁に堆積し難くなる。ここで、シャドウイング効果とは、A1系合金から成るスパッタ粒子が開口部の側壁あるいは底部に形成される光学的に影の部分には堆積され難い現象を指す。その結果、開口部底部あるいはその近傍の開口部側壁におけるA1系合金のステップカバレッジが悪くなり、かかる部分で断線不良が発生し易くなるという問題がある。

【0005】半導体基板に形成された下層配線層上に絶縁層を形成し、かかる絶縁層に設けられた開口部内に金属配線材料を埋め込み、微細なビアホールを形成する技術として、所謂ブランケットCVD法、高温アルミニウムスパッタ法あるいはアルミニウムリフロー法が注目されている。

【0006】ブランケットCVD法においては、例えば下層配線層の上に形成された絶縁層上及びかかる絶縁層に形成された開口部内に、例えばタングステン層を化学気相析出法(CVD法)にて堆積させる。その後、絶縁層上に形成されたタングステン層をエッチバックして除去することによって、開口部内にタングステンから成るメタルプラグが形成されたビアホールを完成させる。尚、このような方法を、以下、タングステンブランケットCVD法と呼ぶ。

【0007】タングステンブランケットCVD法でタングステン層を形成する場合、タングステン層の下にTiNあるいはTiONから成る密着層を形成する必要がある。その理由は、タングステンブランケットCVD法で形成されるタングステン層は、ステップカバレッジには優れるものの、異種材料層の界面における内部応力の差に起因して、絶縁層に対する密着性が乏しいからであ

(3)

特開平07-058203

る。通常、密着層はスパッタ法にて形成される。

【0008】高温アルミニウムスパッタ法においては、例えば下層配線層の上に形成された絶縁層上及びかかる絶縁層に形成された開口部内に、半導体基板等を高温（例えば500°C程度）に加熱した状態で、Al系合金をスパッタ法にて堆積させ、併せて、絶縁層上にAl系合金から成る上層配線層を形成する。半導体基板等が高温に加熱されているため、絶縁層上に堆積したAl系合金は流動状態となり開口部内に流入する。これによって、開口部内はAl系合金で確実に埋め込まれ、ビアホールが形成される。尚、半導体基板等にバイアス電圧を印加しながら高温スパッタを行う高温バイアススパッタ法も、本明細書における高温アルミニウムスパッタ法に包含される。これらを総称して単に高温アルミニウムスパッタ法ともいう。

【0009】また、アルミニウムリフロー法においては、半導体基板等を約150°Cに加熱した状態で、開口部内を含む絶縁層上にスパッタ法にてAl系合金を堆積させる。その後、半導体基板等を高温（例えば500°C程度）に加熱して、絶縁層上に堆積したAl系合金を流動状態として開口部内に流入させて、開口部をAl系合金で埋め込み、ビアホールを形成する。併せて、絶縁層上のAl系合金が平坦化されて上層配線層が形成される。

【0010】これらの高温アルミニウムスパッタ法やアルミニウムリフロー法においては、Al系合金と濡れ性の良いチタン（Ti）を下地層として形成すると、Al系合金が流動状態にあるとき、Al系合金とTiから成る下地層との間の界面反応が良好に進行して、Al系合金と下地層中のTiとがそれらの界面で合金化するため、開口部へのAl系合金の埋め込み特性が向上することが知られている。

【0011】しかしながら、図4に示すように、多層配線構造を高温アルミニウムスパッタ法あるいはアルミニウムリフロー法にて形成するとき、半導体基板等が高温に加熱される結果、下層配線層12を構成するAl系合金がTiから成る下地層40中に拡散し、更に下地層40を突き抜け、ビアホール22中に吸上げられる。その結果、下層配線層12にはボイド42が生成し、下層配線層12の導通不良や、下層配線層12と上層配線層24との間の導通不良が発生するという問題が生じる。尚、図6中、10は基体、14はSiO₂から成る絶縁層である。

【0012】このような下層配線層を構成するAl系合金の吸上げ防止のために、Tiから成る下地層の代わりに、TiNやTiONから成る下地層を開口部内に形成することが考えられる。即ち、絶縁層に設けられた開口部は、TiN又はTiONから成る下地層及びAl系合金にて埋め込まれる。また、TiNあるいはTiONから成る下地層を絶縁層14上にも残し、上層配線層24

を、下からTiNやTiONから成る下地層及びAl系合金層から構成する。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】先に述べたように、タングステンプランケットCVD法でタングステン層を形成する場合、タングステン層の下にTiNあるいはTiONから成る密着層を形成する必要がある。TiNは、Tiをターゲットとして用い窒素プラズマによる反応性スパッタ法にて形成することができる。また、窒素ガスの代わりに窒素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いるとTiONが形成される。あるいは又、TiNは、TiCl₄ガスを水素ガスで還元して、同時に窒素プラズマでTiN化するプラズマCVD法にて形成することもできる。

【0014】ところが、これらの成膜方法においては、窒素プラズマを用いるため、開口部の底部に露出したAl系合金から成る下層配線層の表面が窒素プラズマによって窒化され、下層配線層の表面に絶縁性の窒化アルミニウムが形成される。その結果、ビアホールのコンタクト抵抗の増加、最悪の場合にはビアホールの導通不良という問題が発生する。

【0015】また、図5に模式的な一部断面図を示すように、スパッタ法にて形成した密着層50は、開口部18の上部においてオーバーハング形状となり易く（図5の（A）参照）、その結果、開口部18の内部にタングステン層52をCVD法にて形成したとき、タングステン層52に鬆（ボイド）54が発生し（図5の（B）参照）、配線の信頼性が乏しくなるという問題がある。尚、図5中、10は基体、12は下層配線層、14はSiO₂から成る絶縁層である。

【0016】更に、絶縁層14上及び開口部18内にタングステン層52をCVD法にて堆積させた後、絶縁層14上に形成されたタングステン層52をエッチバックして除去したとき、図6に模式的な一部断面図を示すように、開口部18の上部側壁に形成されていた密着層50がエッチングされ、タングステン層52から成るメタルプラグと開口部18の側壁の間にトレンチ（リセス）56が発生する（図6の（A）参照）。絶縁層14及びメタルプラグ52Aの上に、例えばAl系合金から成る上層配線層24をスパッタ法にて形成した場合、上層配線層24の下に、トレンチ（リセス）56が鬆（ボイド）として残り（図6の（B）参照）、配線の信頼性が乏しくなるという問題がある。

【0017】高温アルミニウムスパッタ法あるいはアルミニウムリフロー法において、TiNやTiONから成る下地層もスパッタ法やCVD法にて形成される。そのため、開口部の底部に露出したAl系合金から成る下層配線層の表面が窒素プラズマによって窒化され、下層配線層の表面に絶縁性の窒化アルミニウムが形成される。その結果、ビアホールのコンタクト抵抗の増加、最悪の

(4)

特開平07-058203

場合にはビアホールの導通不良という問題が発生する。

【0018】TiNあるいはTiONから成る下地層を形成しなければ、ビアホールのコントラクト抵抗の増加等の問題は回避することができる。ところが、この場合には、絶縁層上に形成された上層配線層がAl系合金層のみから構成される。そのため、Al系合金のエレクトロマイグレーションによってAl系合金層にボイドや欠損が生じると、上層配線層の断線に繋がる。然るに、TiNあるいはTiONから成る下地層が絶縁層上に存在する場合、Al系合金層にボイドや欠損が生じて、かかる下地層でその部分の導通をとるバイパスが形成されるために、上層配線層の信頼性が向上する。

【0019】以上のように、密着層あるいは下地層としてTiNやTiON等を用い、且つ、Al系合金から成る下層配線層の表面が窒化されず、場合によってはTiNやTiON等を含む多層の上層配線層を形成し得る、半導体装置の配線構造及びその製造方法が強く要望されている。

【0020】従って、本発明の目的は、開口部の底部におけるアルミニウム系下層配線層の表面が窒化されることなく、高い信頼性を有する半導体装置の配線構造及びその製造方法を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、(イ)基体上に形成されたアルミニウム系下層配線層と、(ロ)アルミニウム系下層配線層上に形成された絶縁層と、

(ハ)アルミニウム系下層配線層の上方の絶縁層に形成された開口部と、(ニ)開口部内に埋め込まれた、窒素を含まない金属配線材料、から成ることを特徴とする本発明の半導体装置の配線構造によって達成することができる。この場合、窒素を含まない金属配線材料は、タングステン、アルミニウム、金又は銅とすることができる。

【0022】本発明の半導体装置の配線構造においては、絶縁層の表面に形成された窒素を含む金属化合物層、及びその上に形成された窒素を含まない金属配線材料から成る金属配線材料層の2層構造の上層配線層を更に備えることができる。この場合、窒素を含まない金属配線材料を、タングステン、アルミニウム、金又は銅とし、窒素を含む金属化合物層をTiN、TiON、TiWN、WN又はMoNから構成することが望ましい。

【0023】更に、上記の目的を達成するための本発明の半導体装置の配線構造の製造方法は、(イ)基体上にアルミニウム系下層配線層を形成する工程と、(ロ)アルミニウム系下層配線層上に絶縁層を形成する工程と、

(ハ)窒素を含む金属化合物層を絶縁層上に形成する工程と、(ニ)アルミニウム系下層配線層の上方の金属化合物層及び絶縁層に開口部を形成する工程と、(ホ)開口部に窒素を含まない金属配線材料を埋め込む工程、から成ることを特徴とする。

【0024】本発明の半導体装置の配線構造の製造方法においては、上記(ホ)の工程に、前記窒素を含む金属化合物層、及び前記窒素を含まない金属配線材料から成る金属配線材料層の2層構造の上層配線層を、前記絶縁層上に形成する工程を更に含ませることができる。窒素を含む金属化合物層は、TiN、TiON、TiWN、WN又はMoNから成ることが望ましい。また、窒素を含まない金属配線材料は、タングステン、アルミニウム、金又は銅であることが望ましい。

【0025】

【作用】本発明においては、開口部を形成する前に絶縁層上に窒素を含む金属化合物層を形成する。従って、アルミニウム系下層配線層の表面が窒化されることを回避することができる。また、絶縁層上に窒素を含む金属化合物層が形成された状態で窒素を含まない金属配線材料から成る金属配線材料層を形成するので、金属配線材料層と絶縁層との間の密着性に優れる。しかも、必要に応じて、窒素を含む金属化合物層及び窒素を含まない金属配線材料から成る金属配線材料層の2層から上層配線層を構成することができ、高い信頼性を有する上層配線層を得ることができる。

【0026】

【実施例】以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明する。

【0027】(実施例1)実施例1は、タングステンプラケットCVD法を本発明の半導体装置の配線構造の製造方法に適用した例である。実施例1においては、タングステンプラグから構成されたビアホールが形成される。即ち、実施例1においては、窒素を含まない金属配線材料としてタングステンをを用いた。また、密着層として機能する窒素を含む金属化合物層はTiNから成り、スパッタ法にて成膜する。

【0028】実施例1の配線構造を、模式的な一部断面図である図2の(A)に示す。この配線構造においては、例えば半導体基板(図示せず)上に形成された下層絶縁層から成る基体10上にアルミニウム系下層配線層12が形成されている。このアルミニウム系下層配線層12の上には絶縁層14が形成されている。また、アルミニウム系下層配線層12の上方の絶縁層14には開口部18が形成されている。更に、この開口部18内には、窒素を含まない金属配線材料20A(実施例1においてはタングステン)が埋め込まれており、これによって、タングステンプラグから成るビアホール22が形成されている。

【0029】以下、実施例1の配線構造の製造方法を、図1を参照して説明する。

【0030】【工程100】先ず、例えばSiO₂から成る下層絶縁層である基体10上に、通常のスパッタ法や高温アルミニウムスパッタ法あるいはアルミニウムリフロー法にて、アルミニウム系下層配線層12を形成

(5)

特開平07-058203

する。アルミニウム系下層配線層12は、純Al、あるいは、Al-1%Si、Al-Si-Cu、Al-Cu、Al-Ge等のアルミニウム合金から形成することができる。

【0031】[工程-110]次いで、アルミニウム系下層配線層12上を含む基体10上に絶縁層14を形成する。絶縁層14は、CVD法等の公知の方法で形成された例えば厚さ1 μ mのSiO₂から成る。

【0032】[工程-120]その後、絶縁層14上に、窒素を含む金属化合物層16（実施例1においては、厚さ約50nmのTiNから成る）を形成する。TiNの成膜はスパッタ法にて行った。スパッタリングの条件を、例えば、

ターゲット : Ti

プロセスガス : Ar/N₂=30/70sccm

DCパワー : 5kW

圧力 : 0.4Pa

基体温度 : 150°C

とすることができる。こうして、図1の(A)に示す構造を得ることができる。窒素を含む金属化合物層16の成膜時、アルミニウム系下層配線層12は絶縁層14で被覆されている。従って、アルミニウム系下層配線層12の表面が酸化されることを回避できる。

【0033】[工程-130]次に、アルミニウム系下層配線層12の上方の金属化合物層16及び絶縁層14に、フォトリソグラフィ技術、及び例えばリアクティブ・イオン・エッチング(RIE)技術を用いて開口部18を形成する(図1の(B)参照)。エッチングを、例えば以下の条件で行うことができる。

使用ガス : CHF₃/O₂=50/5sccm

圧力 : 5Pa

パワー : 1kW

開口部18の径を0.6 μ mとした。

【0034】[工程-140]その後、タングステンブランケットCVD法にて、開口部18に窒素を含まない金属配線材料20A（実施例1においてはタングステンから成る）を埋め込み、同時にこの窒素を含まない金属配線材料20Aから成る金属配線材料層20を絶縁層14上に形成する(図1の(C)参照)。このブランケットタングステンCVDの条件を、例えば、以下のとおりとすることができる。

第1ステップ(核形成段階)

WF₆/SiH₄/Ar=5/3/2000sccm

圧力 : 4 \times 10²Pa (3Torr)

温度 : 450°C

第2ステップ(高速成長段階)

WF₆/H₂/Ar=40/400/2250sccm

圧力 : 1.1 \times 10⁴Pa (80Torr)

温度 : 450°C

【0035】次いで、絶縁層14上の金属配線材料層2

0及び窒素を含む金属化合物層16を除去して、開口部18内にタングステンから成るメタルプラグを残し、ビアホール22を形成する。こうして、図2の(A)に示す半導体装置の配線構造が作製される。この半導体装置の絶縁層14上及びビアホール22上には、更に、例えばAl-1%Si等のAl系合金から成る上層配線層をスパッタ法及びエッチング法等によって形成することができる。

【0036】あるいは、図2の(B)に模式的な一部断面図を示すように、絶縁層14上の金属配線材料層20及び窒素を含む金属化合物層16を選択的に除去することによって、絶縁層14上に上層配線層24を形成する。併せて、開口部18内にタングステンプラグを残し、ビアホール22を形成する。この上層配線層24は、絶縁層14の表面に形成された窒素を含む金属化合物層16と、この金属化合物層16上に形成された窒素を含まない金属配線材料20Aから成る金属配線材料層20の2層から構成されている。

【0037】(実施例2) 実施例2は実施例1の変形である。実施例2が実施例1と相違する点は、密着層として機能する窒素を含む金属化合物層がTiONから成る点にある。以下、実施例2を説明する。

【0038】[工程-200]～[工程-210] 基体10上にアルミニウム系下層配線層12を形成する工程、及びアルミニウム系下層配線層12上に絶縁層14を形成する工程は、実施例1の[工程-100]～[工程-110]と同様とすることができる。

【0039】[工程-220]その後、絶縁層14上に、窒素を含む金属化合物層16（実施例2においては、厚さ約50nmのTiONから成る）を形成する(図1の(A)参照)。TiONの成膜はスパッタ法にて行った。スパッタリングの条件を、例えば、

ターゲット : Ti

プロセスガス : Ar/N₂-6%O₂=30/70sccm

DCパワー : 5kW

圧力 : 0.4Pa

基体温度 : 150°C

とすることができる。窒素を含む金属化合物層16の成膜時、アルミニウム系下層配線層12は絶縁層14で被覆されている。従って、アルミニウム系下層配線層12の表面が酸化されることを回避できる。

【0040】[工程-230]～[工程-240] その後、実施例1の[工程-130]と同様に、アルミニウム系下層配線層12の上方の金属化合物層16及び絶縁層14に開口部18を形成する(図1の(B)参照)。次いで、実施例1の[工程-140]と同様に、タングステンブランケットCVD法にて、開口部18に窒素を含まない金属配線材料20A（実施例2においてもタングステンから成る）を埋め込み、同時に絶縁層14上にこの窒素を含まない金属配線材料20Aから成る金属配

(6)

特開平07-058203

線材料層20を形成する(図1の(C)参照)。その後、絶縁層14上の金属配線材料層20及び窒素を含む金属化合物層16を除去して、開口部18内にタングステンから成るメタルプラグを残し、ビアホール22を形成する。あるいは又、絶縁層14上の金属配線材料層20及び窒素を含む金属化合物層16を選択的に除去することによって、絶縁層14上に上層配線層24を形成し、併せて、開口部18内にタングステンプラグを残し、ビアホール22を形成する。

【0041】尚、[工程-220]において、ターゲットとして、TiW、W又はMoを用い、密着層として機能するTiWN、WN、MoNから成る窒素を含む金属化合物層16をスパッタ法にて絶縁層14上に形成することができる。

【0042】(実施例3) 実施例3も実施例1の変形である。実施例3が実施例1と相違する点は、密着層として機能する窒素を含む金属化合物層がCVD法にて形成されたTiNから成る点にある。以下、実施例3を説明する。

【0043】[工程-300]～[工程-310] 基体10上にアルミニウム系下層配線層12を形成する工程、及びアルミニウム系下層配線層12上に絶縁層14を形成する工程は、実施例1の[工程-100]～[工程-110]と同様とすることができる。

【0044】[工程-320] その後、絶縁層14上に、窒素を含む金属化合物層16(実施例3においては、厚さ約50nmのTiNから成る)を形成する(図1の(A)参照)。実施例3においては、TiONの成膜はECRCVD法にて行った。ECRCVDの条件を、例えば、

使用ガス : $\text{TiCl}_4/\text{H}_2/\text{N}_2=20/26/8\text{ sccm}$
マイクロ波パワー : 2.8kW
圧力 : 0.23Pa
基体温度 : 420°C

とすることができる。窒素を含む金属化合物層16の成膜時、アルミニウム系下層配線層12は絶縁層14で被覆されている。従って、アルミニウム系下層配線層12の表面が酸化されることを回避できる。

【0045】[工程-330]～[工程-340] その後、実施例1の[工程-130]と同様に、アルミニウム系下層配線層12の上方の金属化合物層16及び絶縁層14に開口部18を形成する(図1の(B)参照)。次いで、実施例1の[工程-140]と同様に、タングステンランケットCVD法にて、開口部18に窒素を含まない金属配線材料20A(実施例3においてもタングステンから成る)を埋め込み、同時に絶縁層14上にこの窒素を含まない金属配線材料20Aから成る金属配線材料層20を形成する(図1の(C)参照)。その後、絶縁層14上の金属配線材料層20及び窒素を

含む金属化合物層16を除去して、開口部18内にタングステンから成るメタルプラグを残し、ビアホール22を形成する。あるいは又、絶縁層14上の金属配線材料層20及び窒素を含む金属化合物層16を選択的に除去することによって、絶縁層14上に上層配線層24を形成し、併せて、開口部18内にタングステンプラグを残し、ビアホール22を形成する。

【0046】尚、[工程-320]において、密着層として機能するTiON、TiWN、WN又はMoNから成る窒素を含む金属化合物層16を、ECRCVD法にて絶縁層14上に形成することができる。また、ECRCVD法の代わりにイオンプレーティング法にて、窒素を含む金属化合物層16を絶縁層14上に形成することもできる。

【0047】(実施例4) 実施例4は、高温アルミニウムスパッタ法を本発明の半導体装置の配線構造の製造方法に適用した例である。実施例4においてはA1系合金から構成されたビアホールが形成される。即ち、実施例4においては、窒素を含まない金属配線材料としてA1系合金を用いた。また、下地層として機能する窒素を含む金属化合物層はTiNから成り、スパッタ法にて成膜する。

【0048】実施例4の配線構造を、図3の(C)に模式的な一部断面図にて示す。この配線構造においては、例えば半導体基板(図示せず)上に形成された下層絶縁層から成る基体10上にアルミニウム系下層配線層12が形成されている。このアルミニウム系下層配線層12の上には絶縁層14が形成されている。また、アルミニウム系下層配線層12の上方の絶縁層14には開口部18が形成されている。更に、この開口部18内には、窒素を含まない金属配線材料30A(実施例4においてはA1系合金)が埋め込まれており、これによってビアホール22が形成されている。また、絶縁層14上には、金属配線材料層30及び窒素を含む金属化合物層16から構成された2層構造の上層配線層24が形成されている。アルミニウム系下層配線層12及び窒素を含まない金属配線材料30Aは、純A1、あるいは、A1-1%Si、A1-Si-Cu、A1-Cu、A1-Ge等のアルミニウム合金から構成することができる。

【0049】以下、実施例4の配線構造の製造方法を、図3を参照して説明する。

【0050】[工程-400]～[工程-410] 基体10上にアルミニウム系下層配線層12を形成する工程、及びアルミニウム系下層配線層12上に絶縁層14を形成する工程は、実施例1の[工程-100]～[工程-110]と同様とすることができる。

【0051】[工程-420] その後、絶縁層14上に、窒素を含む金属化合物層16(実施例4においては、厚さ約50nmのTiNから成る)を形成する。実施例4においては、TiNの成膜はスパッタ法にて行っ

(7)

特開平07-058203

た。スパッタリングの条件を、例えば、実施例1の〔工程-120〕と同様とすることができる。窒素を含む金属化合物層16の成膜時、アルミニウム系下層配線層12は絶縁層14で被覆されている。従って、アルミニウム系下層配線層12の表面が窒化されることを回避できる。

【0052】〔工程-430〕その後、実施例1の〔工程-130〕と同様に、アルミニウム系下層配線層12の上方の金属化合物層16及び絶縁層14に開口部18を形成する（図3の（A）参照）。

【0053】〔工程-440〕次いで、所謂高温アルミニウムスパッタ法にて、下地層として機能する窒素を含む金属化合物層16上に窒素を含まない金属配線材料30A（実施例4においてはA1系合金）を堆積させる（図3の（B）参照）。高温アルミニウムスパッタの条件を、例えば以下のとおりとした。

プロセスガス : Ar=100sccm
DCパワー : 10kW
スパッタ圧力 : 0.4Pa
基体加熱温度 : 500°C
成膜速度 : 600nm/分

窒素を含む金属化合物層16上に堆積した窒素を含まない金属配線材料30A（実施例4においてはA1系合金）は流動状態となり、開口部18内に流入し、開口部18は窒素を含まない金属配線材料30Aで確実に埋め込まれる。

【0054】次いで、絶縁層14上の窒素を含まない金属配線材料30A及び窒素を含む金属化合物層16を選択的に除去して、上層配線層24を完成させる（図3の（C）参照）。こうして、開口部18はA1系合金で埋め込まれ、ビアホール22が形成されている。また、絶縁層14上には、A1系合金から成る金属配線材料層30及び窒素を含む金属化合物層16（具体的にはTiN）から構成された2層構造の上層配線層24が形成される。上層配線層24が窒素を含む金属化合物層16を備えることによって、A1系合金のエレクトロマイグレーションによる上層配線層の断線を防止することができ、上層配線層の信頼性が向上する。

【0055】尚、〔工程-420〕において、実施例2の〔工程-220〕と同様に、窒素を含む金属化合物層16としてTiONをスパッタ法にて絶縁層14上に形成することができる。また、ターゲットとして、TiW、W又はMoを用い、密着層として機能するTiWN、WN、MoNから成る窒素を含む金属化合物層16をスパッタ法にて絶縁層14上に形成することができる。

【0056】更には、〔工程-420〕において、実施例3の〔工程-320〕と同様に、絶縁層14上に、TiNから成る窒素を含む金属化合物層16をECRCVD法にて形成してもよい。あるいは又、密着層として機

能するTiON、TiWN、WN又はMoNから成る窒素を含む金属化合物層16をECRCVD法にて絶縁層14上に形成することができる。また、ECRCVD法の代わりにイオンプレーティング法にて、窒素を含む金属化合物層16を絶縁層14上に形成することもできる。

【0057】また、高温アルミニウムスパッタ法によって、A1系合金から成る窒素を含まない金属配線材料30Aを堆積させる代わりに、CVD法にてA1系合金から成る窒素を含まない金属配線材料30Aを堆積させることができる。また、通常のスパッタ法やCVD法にて、金又は銅から成る窒素を含まない金属配線材料30Aを堆積させてもよい。

【0058】（実施例5）実施例5は、アルミニウムリフロー法を本発明の半導体装置の配線構造の製造方法に適用した例である。実施例5においては、実施例4と同様に、窒素を含まない金属配線材料としてA1系合金を用い、また、下地層として機能する窒素を含む金属化合物層はTiNから成り、スパッタ法にて成膜した。以下、実施例5の配線構造の製造方法を説明する。

【0059】〔工程-500〕～〔工程-510〕基体10上にアルミニウム系下層配線層12を形成する工程、及びアルミニウム系下層配線層12上に絶縁層14を形成する工程は、実施例1の〔工程-100〕～〔工程-110〕と同様とすることができる。

【0060】〔工程-520〕その後、絶縁層14上に、実施例4と同様に、窒素を含む金属化合物層16（実施例5においては、厚さ約50nmのTiNから成る）をスパッタ法にて形成する。

【0061】〔工程-530〕その後、アルミニウム系下層配線層12の上方の金属化合物層16及び絶縁層14に開口部18を形成する（図3の（A）参照）。

【0062】〔工程-440〕次いで、所謂アルミニウムリフロー法にて、下地層として機能する窒素を含む金属化合物層16上に窒素を含まない金属配線材料30A（実施例5においてはA1系合金）を堆積させる。アルミニウムスパッタの条件を、例えば以下のとおりとした。

プロセスガス : Ar=100sccm
DCパワー : 20kW
スパッタ圧力 : 0.4Pa
基体加熱温度 : 150°C
成膜速度 : 1200nm/分

【0063】その後、基体10の温度を約500°Cに加熱する。これによって、絶縁層14上に堆積した金属配線材料30A（具体的にはA1系合金）は流動状態となり、開口部18内に流入し、開口部18は窒素を含まない金属配線材料30Aで確実に埋め込まれる（図3の（B）参照）。加熱条件を、例えば以下のとおりとすることができる。

(8)

特開平07-058203

加熱方式 : 基板裏面ガス加熱
 加熱温度 : 500°C
 加熱時間 : 2分
 プロセスガス : Ar=100sccm
 プロセスガス圧力 : $1.1 \times 10^3 \text{ Pa}$

ここで、基板裏面ガス加熱方式とは、基板裏面に配置したヒーターブロックを所定の温度（加熱温度）に加熱し、ヒーターブロックと基板裏面の間にプロセスガスを導入することによって基体を加熱する方式である。加熱方式としては、この方式以外にもランプ加熱方式等を用いることができる。

【0064】次いで、絶縁層14上の窒素を含まない金属配線材料30A及び窒素を含む金属化合物層16を選択的に除去して、上層配線層24を完成させる（図3の（C）参照）。こうして、開口部18は窒素を含まない金属配線材料30Aで埋め込まれ、ビアホール22が形成されている。また、絶縁層14上には、Al系合金から成り窒素を含まない金属配線材料層30及び窒素を含む金属化合物層16（具体的にはTiN）から構成された2層構造の上層配線層24が形成される。

【0065】尚、【工程-520】において、実施例2の【工程-220】と同様に、窒素を含む金属化合物層16としてTiONをスパッタ法にて絶縁層14上に形成することができる。また、ターゲットとして、TiW、W又はMoを用い、密着層として機能するTiW、WN、MoNから成る窒素を含む金属化合物層16をスパッタ法にて絶縁層14上に形成することができる。

【0066】更には、【工程-520】において、実施例3の【工程-320】と同様に、絶縁層14上に、TiNから成る窒素を含む金属化合物層16をECRCVD法にて形成してもよい。あるいは又、密着層として機能するTiON、TiWN、WN又はMoNから成る窒素を含む金属化合物層16を、ECRCVD法にて絶縁層14上に形成することができる。また、ECRCVD法の代わりにイオンプレーティング法にて、窒素を含む金属化合物層16を絶縁層14上に形成することもできる。

【0067】以上、実施例に基づき本発明を説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。各実施例における成膜条件や数値は例示であり、適宜変更することができる。基体10あるいは絶縁層14は、SiO₂以外にも、BPSG、PSG、BSG、AsSG、PbSG、SbSG、あるいはSiN等の公知の絶縁材料から構成することができる。

【0068】スパッタ法による各種の層の形成は、マグネトロンスパッタリング装置、DCスパッタリング装置、RFスパッタリング装置、ECRスパッタリング装置、また基板バイアスを印加するバイアスパッタリン

グ装置等各種のスパッタリング装置にて行うことができる。

【0069】

【発明の効果】本発明においては、開口部を形成する前に絶縁層上に窒素を含む金属化合物層を形成するので、アルミニウム系下層配線層の表面が酸化されることを回避することができ、ビアホールのコンタクト抵抗の増加を防ぐことができる。また、絶縁層上に窒素を含む金属化合物層が形成された状態で窒素を含まない金属配線材料から成る金属配線材料層を形成するので、金属配線材料層と絶縁層との間の密着性に優れる。しかも、必要に応じて、窒素を含む金属化合物層及び窒素を含まない金属配線材料から成る金属配線材料層の2層構造の上層配線層を形成することができ、金属配線材料層に断線が発生しても、上層配線層全体では導通状態を保持でき、高い信頼性を有する上層配線層を得ることができる。

【0070】また、タングステンブランケットCVD法を採用した場合、開口部の側壁には密着層が形成されないため、密着層のオーバーハング形状に起因したタングステン層中の鬆（ボイド）の発生を抑制することができる。更には、タングステン層のエッチバック時、開口部の側壁上部の密着層がエッチングされるという従来の問題が解決できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の配線構造の製造方法を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図2】実施例1の配線構造を示す模式的な一部断面図である。

【図3】実施例4の配線構造の製造方法を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図4】従来の高温アルミニウムスパッタ法あるいはアルミニウムリフロー法における問題点を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図5】従来のタングステンブランケットCVD法における問題点を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図6】図5とは別の、従来のタングステンブランケットCVD法における問題点を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

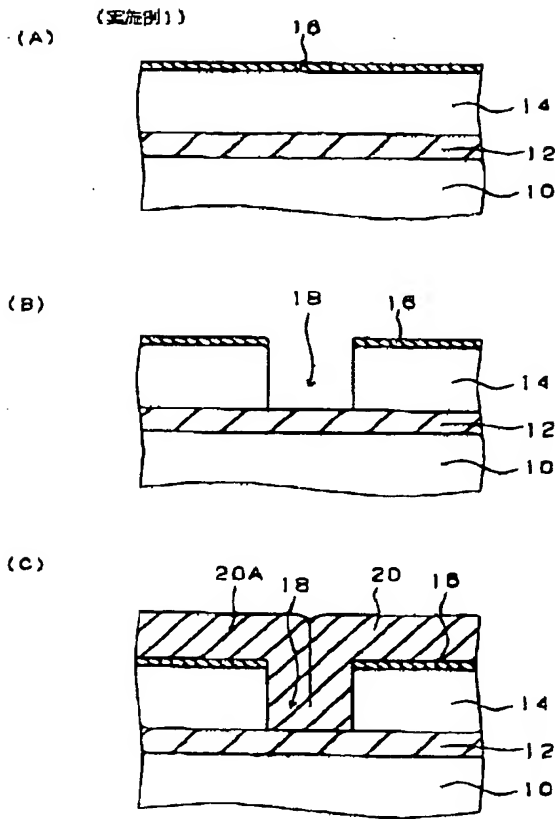
【符号の説明】

- 10 基体
- 12 アルミニウム系下層配線層
- 14 絶縁層
- 16 窒素を含む金属化合物層
- 18 開口部
- 20, 30 金属配線材料層
- 20A, 30A 窒素を含まない金属配線材料
- 22 ビアホール
- 24 上層配線層

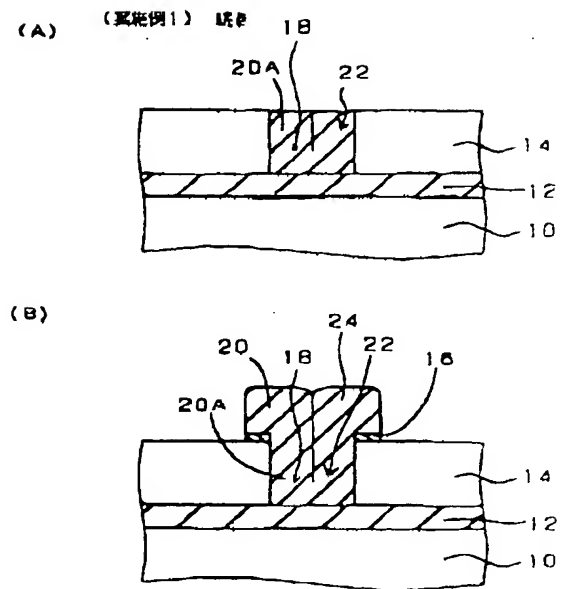
(9)

特開平07-058203

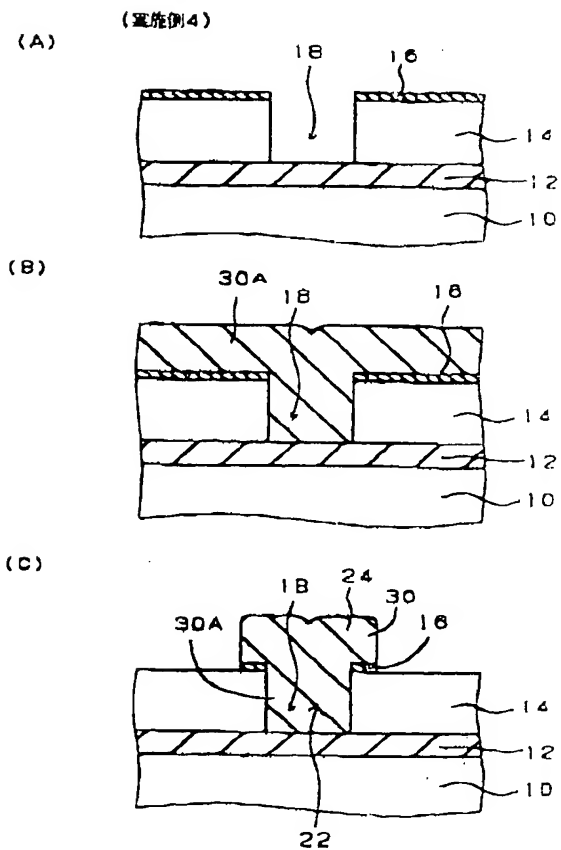
【図1】



【図2】

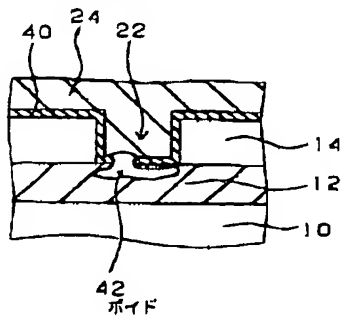


【図3】



【図4】

[従来の構造における問題点]



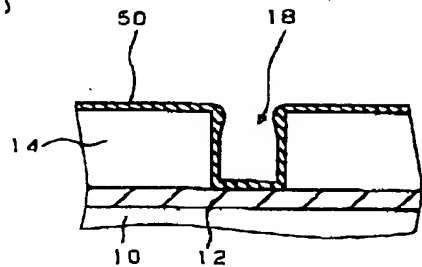
(10)

特開平07-058203

【図5】

(従来技術における問題点)

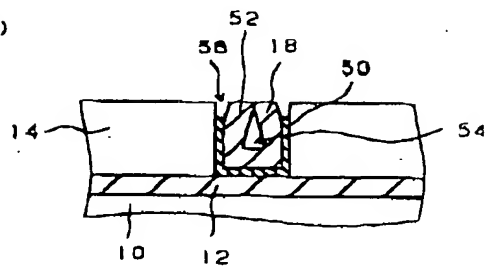
(A)



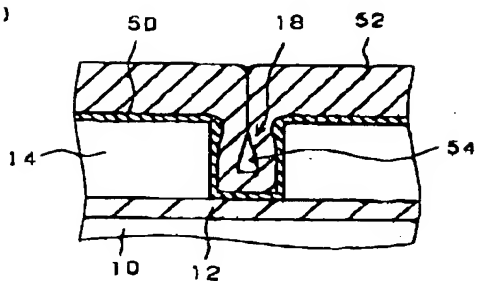
【図6】

(従来技術における問題点)

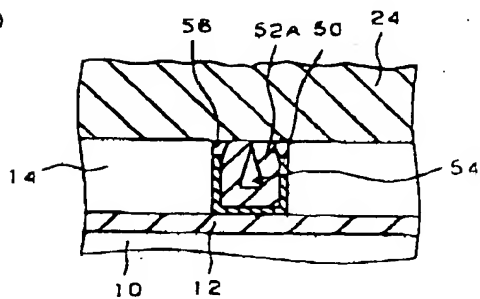
(A)



(B)



(B)



フロントページの続き

(5) Int. Cl. 6

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

8826-4M

M